

## ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОРНОВАНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЗАГОТОВКАХ

Волков С. Ю., Арляпов А. Ю.  
Томский политехнический университет  
syv3@tpu.ru

### Введение

Дорнование является эффективным методом обработки отверстий в различных деталях [1, 3, 4]. Процесс дорнования позволяет увеличить точность отверстий, обеспечивает сглаживание микронеровностей и упрочнение поверхностного слоя.

Процесс различают по направлению хода рабочего инструмента и пространственному положению заготовки на дорнование с рабочим ходом инструмента сверху вниз, снизу вверх и с расположением заготовки горизонтально.

Схема базирования при дорновании сверху вниз является самой распространенной, но имеет ограничения по допустимой длине заготовок.

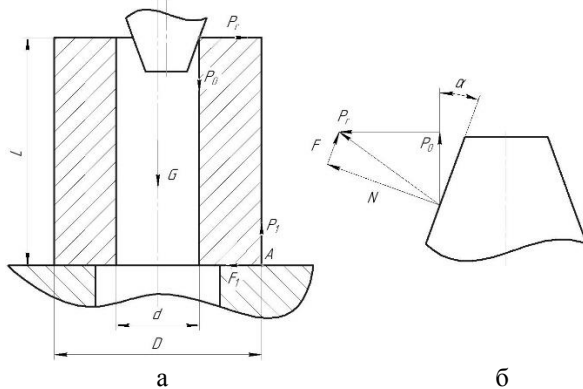


Рис. 1. Базирование вертикально расположенной заготовки при рабочем ходе инструмента сверху вниз (а) и схема сил на его рабочем конусе (б)

Для нахождения условия опрокидывания данной схемы запишем уравнения равновесия плоской системы сил, действующих на заготовку (рис. 1, а) [2]:

$$P_r = F_1; \quad (1)$$

$$P_1 = G + P_o, \quad (2)$$

где  $G$  - вес заготовки,  $P_o$  - осевая сила,  $P_r$  - радиальная сила.

Из схемы сил (рис. 1, б), действующих со стороны рабочего конуса инструмента на заготовку, имеем:

$$P_r = \frac{\cos \alpha - f \sin \alpha}{\sin \alpha + f \cos \alpha} \cdot P_o, \quad (3)$$

где  $\alpha$  - половина угла рабочего конуса инструмента,  $f$  - коэффициент трения в контакте заготовка – инструмент.

Сила трения заготовки об опору составит:

$$F_1 = P_1 f = (G + P_o) f. \quad (4)$$

Обозначая

$$\frac{\cos \alpha - f \sin \alpha}{\sin \alpha + f \cos \alpha} = K, \quad (5)$$

из уравнения равновесия получим:

$$P_o = \frac{Gf}{K - f}; \quad (6)$$

$$P_r = \frac{GfK}{K - f}. \quad (7)$$

Запишем уравнения моментов сил относительно точки А:

$$G \frac{D}{2} + P_o \frac{(D - d)}{2} - P_r L = 0. \quad (8)$$

Условие опрокидываемости заготовки в процессе базирования находится из уравнения моментов и примет вид:

$$L \leq \frac{D - d}{2K} + \frac{D(K - f)}{2fK}; \quad (9)$$

Для заготовки с наружным диаметром 20 мм допустимая длина при такой схеме составляет  $L = 50$  мм. Заготовки большей длины будут опрокидываться. Опрокидывание приводит к заклиниванию заготовки между инструментом и опорой и поломке инструмента.

Для базирования с горизонтально-расположенной заготовкой длина заготовки, исключающая ее опрокидывания значительно меньше чем для схем с вертикальным расположением оси заготовки.

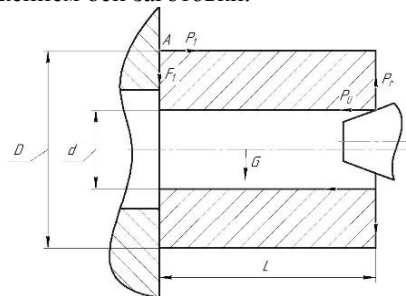


Рис. 2. Схема базирования горизонтально расположенной заготовки

Условие опрокидывания для такой схемы [2]:

$$L \leq \frac{D - d}{K + f}; \quad (10)$$

По такой схеме можно проводить процесс дорнования только деталей типа диск и шайба.

По схеме базирования при ходе инструмента снизу вверх, согласно теоретическим исследованиям, опрокидывание заготовки произойти не может при любых геометрических параметрах заготовки.

По условию опрокидывания видно, что неравенство не зависит от длины заготовок [2]:

$$\frac{D}{D + d} \geq \frac{f}{K + f}; \quad (11)$$

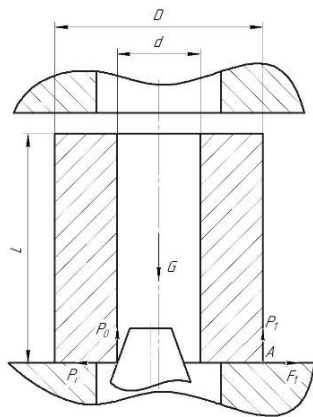


Рис. 3. Базирование вертикально расположенной заготовки при рабочем ходе инструмента снизу вверх

В настоящее время данная схема базирования практически не используется и требует дополнительных исследований.

#### Исследование

Для проведения исследования было разработано устройство, позволяющее проводить процесс базирования снизу. Эксперименты подтвердили теоретические данные, базирование осуществляется не зависимо от длины заготовки.

Однако после базирования в момент подъема заготовки до верхнего опорного торца возможно ее опрокидывание на рабочем конусе дорна (рис.4).

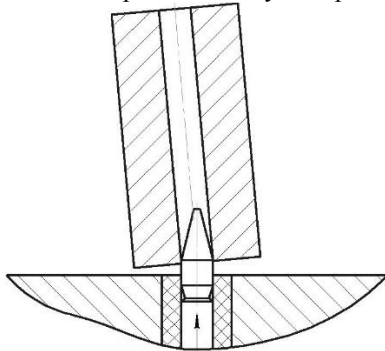


Рис. 4. Схема опрокидывания заготовки

Для решения данной проблемы была предложена конструкция приспособления со специальным поджимом заготовки по верхнему торцу с помощью подпружиненных шариков (рис.5).

Из-за действия сил пружин на заготовку меняется схема сил и условие опрокидывания. Новое условие неопрокидывания заготовки:

$$L \leq \frac{G \frac{D}{2} + P \frac{D}{2} - P_0 \frac{(D+d)}{2}}{P \cdot f_2}, \quad (12)$$

где  $P$  – суммарное усилие трех пружин,  $f_2$  – коэффициент трения в контакте шарик - заготовка.

Согласно данному уравнению в отличии от уравнения (11) при определенных длинах заготовок возникает опрокидывание.

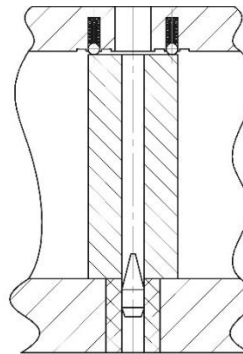


Рис. 5. Схема базирования с использованием приспособления

#### Анализ экспериментальных и теоретических исследований

На рисунке 6 приведена зависимость критической длины заготовки, при которой происходит опрокидывание, от наружного диаметра  $D$ , для различных схем базирования.

Использовались заготовки с наружным диаметром  $D = 20$  мм и диаметром отверстия  $d = 5$  мм, суммарное усилие трех пружин  $P = 3$  Н, диаметр шариков  $d_{ш} = 2,6$  мм, диаметр проволоки  $d_{п} = 0,3$  мм.

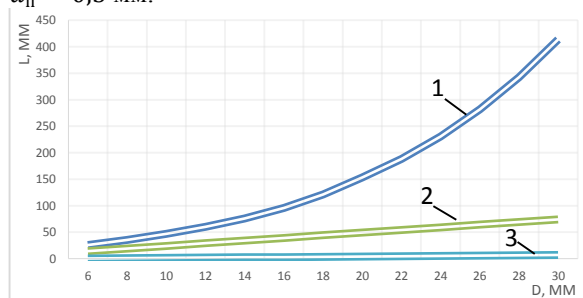


Рис. 6. Схемы базирования: 1 – снизу вверх с поджимом по верхнему торцу; 2 – сверху вниз; 3 – горизонтальное расположение оси отверстия заготовки

Из графика видно, что наибольшую критическую длину заготовок, при которой возникает опрокидывание в процессе базирования, имеет схема дорнования с перемещением инструмента снизу вверх.

#### Список использованных источников

1. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра: Монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 92 с.
2. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю., Охотин И.С. Анализ процесса базирования заготовок, обрабатываемых дорнованием по схеме сжатия // Сб.тр X Юбилейной Международной научно-практической конференции «Современная техника и технологии». В 2-х т. – Томск: ТПУ, 2004. – Т1 – С.138 – 139.
3. Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий. – М.: МАШГИЗ, 1961. – 192 с.
4. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 320 с.